

УДК 622.279.5

**Прокопенко К.М.** студент гр. 184М-16-3**Науковий керівник:** Сай К.С., к.т.н., асистент кафедри підземної розробки родовищ  
(Державний ВНЗ «Національний гірничий університет», м. Дніпро, Україна)

### **МОДЕЛЮВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ВИДОБУТКУ ГАЗУ МЕТАНУ З МОРСЬКИХ ГАЗОГІДРАТІВ**

В умовах нестабільного становища на газовому ринку України, зокрема диверсифікації джерел вуглеводнів, особливо важливим є питання визначення перспектив енергетичної безпеки держави шляхом нарощування об'ємів видобування власного газу. Вирішенням даної проблеми є освоєння перспективних районів залягання газогідратних покладів на шельфі та у глибоководній частині Чорного моря. За попередніми оцінками, в українській економічній зоні запаси метану у гідратному стані, як мінімум, дорівнюють сторічному обсягу використанню газу в державі.

Природні газові гідрати являють собою льодоподібні кристалічні сполуки, які складаються з молекул води й природного газу. Це так звані сполуки включення: молекули води зв'язуються між собою водневими зв'язками й формують каркаси з просторними порожнинами усередині. Хімічні зв'язки між молекулами газу та води не утворюються, молекули утримуються лише слабкими міжмолекулярними Ван-дер-Ваальсовими силами.

У природі газогідрати утворюються у глибоководних відкладеннях морів та океанів і в районах вічної мерзлоти – головним чином з вуглеводневих газів. Найпоширенішим газом, що міститься у природних газових гідратах, є метан. Крім метану до складу природних газогідратів можуть входити інші вуглеводні (етан, пропан, бутан), а також вуглекислий і сірчистий гази, сірководень, аргон та ін.

У багатьох країнах світу на сьогодні створені пошукові програми та дослідницькі центри з вивчення газових гідратів, оскільки видобуток гідратного газу допоможе у вирішенні світової енергетичної проблеми. Однак вкрай важливим є створення та застосування методики моделювання щодо розробки газогідратних покладів і видобутку газу метану. Способи розробки природних газогідратних родовищ базуються на закономірностях існування газогідратів та їх властивостях. По-перше, береться до уваги те, що всі запаси розташовані переважно у глибинних зонах. По-друге, що газові гідрати існують в умовах відносно високого тиску та низьких температур. Хімічні зв'язки між молекулами відсутні. Молекули води з'єднані водневим зв'язком, який легко розпадається при зниженні тиску та підвищенні температури. На цих двох основних характеристиках і базуються сучасні методи видобутку газу із газогідратів.

Перед апробацією технології розробки газогідратних покладів безпосередньо на місці їх залягання, було проведено моделювання методом кінцевих елементів для встановлення оптимальних параметрів процесу вилучення газу за допомогою програми ANSYS. Визначення технологічних параметрів та розробка технології видобутку вимагає використання наступної розробленої схеми моделювання.

Загальні розміри моделі прийнято  $50 \times 50 \times 75$  м, вибір яких обумовлено специфікою програмного забезпечення, максимальною кількістю елементів моделі і мінімальним розміром кінцевого елементу. Розроблена модель містить чотири основні складові.

Розміри покрівлі прийняті  $50 \times 50 \times 25$  м. Матеріал пісковик.

Розміри ділянки газогідратного покладу –  $50 \times 50 \times 20$  м. Матеріал газогідрат.

Розміри підосви –  $50 \times 50 \times 30$  м. Матеріал пісковик.

В модель закладались наступні параметри видобувної свердловини: діаметр – 0,4 м, довжина – 34 м ( $2/3$  потужності газогідратного покладу, що передбачено обраною технологією розробки).

Для спрощення розрахунку математичної моделі та наочності отриманих результатів виконано симетричний переріз по осі свердловини.

Першим етапом досліджень є проведення температурного аналізу з урахуванням властивостей обраних матеріалів та їх взаємодії. Для цього необхідно визначити теплопровідність, однак для газогідрату не існує постійного значення. Виходячи з вищенаведеного, побудовано графік залежності теплопровідності від температури з його прив'язкою до системи. У якості агента процесу дисоціації, що подається й проходить по свердловині, прийнято морську воду. Задано наступні параметри температур: для води  $+22^{\circ}\text{C}$ ; для гідрату  $+4^{\circ}\text{C}$ ; для порід покрівлі та підшви  $+18^{\circ}\text{C}$ . Обрані значення надані й визначені Інститутом геологічних наук НАН України та Інститутом геофізики ім. С.І. Субботіна НАН України шляхом аналізу кернів пробурених розвідувальних свердловин. Виходячи з того, що теплообмін, який представляє науковий інтерес, проходить між гідратом та агентом, теплова взаємодія між породами до уваги не береться. Коефіцієнт конвекції між покладом газогідрату та свердловиною прийнятий  $600 \text{ W/mm}^2$  [1]. Дія теплового потоку на площину покладу в перерізі задається з такими параметрами: інтервали нагрівання –  $20 \text{ W/mm}^2$ ; мінімальне значення потоку –  $100 \text{ W/mm}^2$ ; максимальне значення –  $200 \text{ W/mm}^2$ .

Отже за наведених умов отримується достатня тепла дія для дисоціації газогідрату та вивільнення газу метану. Таким чином встановлено, що максимальний руйнуючий вплив діє навколо свердловини та зменшується на кінцях покладу.

Другим етапом є оцінка впливу тиску на газогідратний поклад та його деформацію. Для цього використовується аналогічна модель, але змінено початкові умови та додано деякі властивості матеріалів. Застосовано підрозділ Static Structural програми ANSYS, в якому закладаються наступні додаткові параметри. Оскільки науковий інтерес становить лише дія агента на гідрат, то встановлено жорстку фіксацію на покрівлю, підшву та свердловину. У зв'язку з неможливістю задання тиску всього гідратного тіла, встановлено тиск на всіх його гранях, направлений в середину, що дорівнює  $7 \text{ МПа}$  (тиск покладу у природних умовах коливається на рівні  $5,5 - 6 \text{ МПа}$ ). Також у фізико-механічні властивості матеріалу (газогідратний поклад) закладено щільність ( $900 \text{ кг/м}^3$ ), модуль Юнга ( $0,1 \text{ МПа}$ ), коефіцієнт Пуассона ( $0,42$ ) [2]. Для води об'ємний коефіцієнт пружності приймаємо рівним  $2000 \text{ МПа}$  та щільність  $1000 \text{ кг·см}^3$  [3].

Дослідженнями встановлено, що максимальний тиск формується на ділянках між гідратом та порожніми породами. Виходячи з цього, недостача теплового впливу на ділянках біля покрівлі та підшви покладу компенсується впливом тиску агента й навпаки – недостатній тиск у центрі розкладання врівноважується впливом теплового потоку. Для формулювання остаточного висновку щодо теплової дії та дії тиску на дисоціацію гідрату, отримано ще одну схему розрахунку абсолютних деформацій у газогідратному покладі. Виявлено, що максимальні деформації відбуваються на бічних границях гідратного тіла, що дозволяє дисоціювати крайові ділянки, на які мало впливав тиск та температура. Розкладання центральної ділянки покладу є поступовим й відповідає результатам теоретичних та експериментальних досліджень щодо поетапності процесу дисоціації. Відповідно, комплексний підхід впливу тиском та температурою є прийнятним та результативним при розробці газогідратних покладів.

### Перелік посилань

1. Коэффициент конвективной теплопередачи. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://help.solidworks.com/2012/Russian/solidworks/cworks/Convection\\_Heat\\_Coefficient.htm](http://help.solidworks.com/2012/Russian/solidworks/cworks/Convection_Heat_Coefficient.htm)
2. Модули упругости и коэффициенты Пуассона для некоторых материалов. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://www.sopromat.org.ua/sopromat\\_files/sprav/mod\\_pr.htm](http://www.sopromat.org.ua/sopromat_files/sprav/mod_pr.htm)
3. Объемный модуль упругости. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://dic.academic.ru/dic.nsf/ruwiki/1566312>